

**Saumures profondes en Atlantique Central durant l'Albo-Aptien :
apport des formations à palygorskite.**

Médard Thiry

1 - Centre des Géosciences, Mines ParisTech, 35 rue St Honoré, 77305 Fontainebleau, France
- Medard.thiry@mines-paristech.fr

Occurrence de la palygorskite en Atlantic Central

La palygorskite est un minéral fréquent dans les sédiments crétacés de l'Océan Atlantique. Nous examinerons ici la distribution de la palygorskite dans les sédiments de l'Albo-Aptien de l'Océan Atlantique Central. Deux sites DSDP implantés sur la marge africaine et américaine sont pris en référence pour montrer les caractéristiques minéralogiques de ces séries.

Site DSDP 370

Le site DSDP 370 a été foré au large de la côte marocaine, au pied du talus continental. La série crétacée est relativement épaisse. Deux unités peuvent être individualisées (Graciansky et al., 1987). L'unité inférieure, jusqu'à l'Albien basal, est de caractère détritique. L'unité supérieure, de l'Albien au Cénomanien, est formée d'argiles, de black shales et de marnes gris sombre. Les black shales sont finement laminés, dépourvus de bioturbation, pauvre en foraminifères et radiolaires. Ils ont été déposés en milieu pélagique, sous conditions anoxiques et sous la profondeur de compensation des carbonates (CCD).

Les minéraux argileux montrent trois assemblages distincts (Brosse, 1982 ; Thiry & Jacquin, 1993). A la partie inférieure, jusqu'à l'Albien, la fraction argileuse est dominée par les minéraux illitiques (illite et interstratifiés illite/smectite) accompagnés de kaolinite (Fig. 1). Dans l'Albien supérieur, la palygorskite forme jusqu'à 50% de la fraction argileuse, accompagnée d'illite, d'interstratifiés illite/smectite et de chlorite. Dès le Vraconien, la fraction argileuse est presque exclusivement formée de smectite. Enfin, la dolomite apparaît avec la palygorskite et persiste jusqu'au Cénomanien inférieur.

Site DSDP 105

Le site DSDP 105 est implanté dans le bassin du Cap Hatteras, au pied du talus continental américain. Les dépôts du Crétacé moyen sont formés d'argilites noires et verdâtres, typiques des faciès de black shales déposés sous la CDD. La fraction argileuse est presque exclusivement formée de smectites et il n'a pas été détecté de palygorskite (Fig. 1). Comme dans de nombreux sondages de la marge occidentale de l'Océan Atlantique Central, la clinoptilolite et de l'opale-CT y sont abondants.

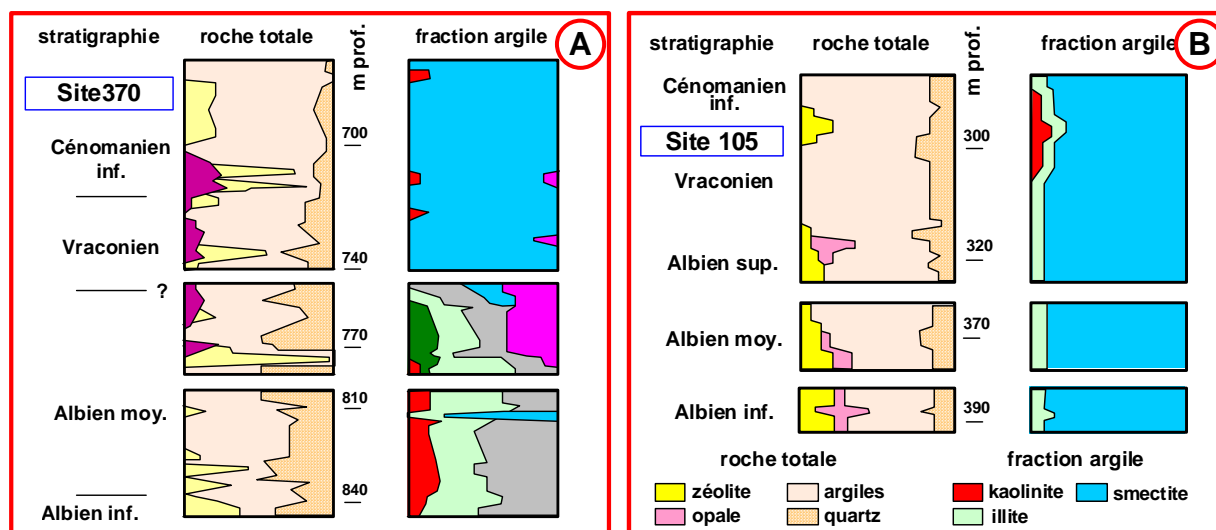


Figure 1 - Minéralogie des formations du Crétacé moyen de l'Océan Atlantique Central. (A) Site DSDP 370 implanté à la base du talus continental marocain. La palygorskite apparaît de manière franche à l'Albien moyen/supérieur. (B) Site 105 implanté à la base du talus continental américain. La palygorskite est absente de ces formations, en revanche les zéolites et l'opale-CT forment jusqu'à 30% de la roche totale.

Distribution des assemblages de minéraux argileux

Cette distribution stratigraphique de la palygorskite, avec apparition et net maximum pendant l'Albien supérieur, est connue dans plusieurs sites au large de l'Afrique et de la péninsule ibérique (sites 137, 369, 370, 386, 417, 545, 598, 641) (fig. 2). En revanche la palygorskite n'est pas représentée dans les séries équivalentes des sites occidentaux (sites 105, 387, 391) et septentrionaux (site 549). Dans ces derniers sites, au-dessus des assemblages détritiques de la base à kaolinite et illite, la smectite est le minéral argileux presque exclusif, accompagnée de clinoptilolite et d'opale-CT. Les paragenèses à palygorskite et clinoptilolite semblent s'exclure mutuellement.

Enfin, les séries équivalentes des bassins péri-atlantiques montrent des assemblages argileux totalement différents. En particulier, les bassins de Paris et d'Aquitaine, de la péninsule ibérique, d'Agadir au Maroc et du Sénégal ne montrent pas de palygorskite. Au contraire, les formations de ces bassins périphériques montrent systématiquement des paragenèses où la kaolinite et les minéraux illitiques sont présents en proportion importante, reflétant la composition des apports continentaux de cette époque.

Signification de la palygorskite

La palygorskite ne peut pas être considérée comme détritique dans les formations du Crétacé moyen de l'Atlantique Central, puisqu'il y a opposition entre les dépôts océaniques à palygorskite et les dépôts corrélatifs (marins et continentaux) des bassins périphériques qui en sont dépourvus. La néogénèse de palygorskite dans l'Océan Atlantique de cette période doit être envisagée (Thiry & Pletsch, 2011). Celle-ci nécessite un paléoenvironnement riche en silice et en magnésium.

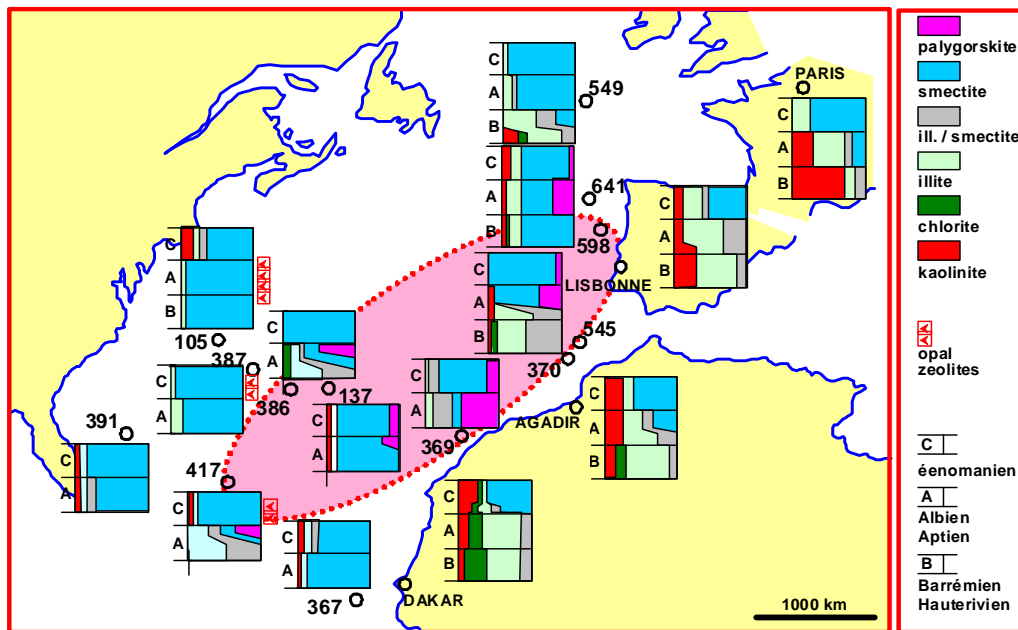


Figure 2 - Distribution des minéraux argileux dans les formations océaniques et de plateforme du Crétacé moyen. La palygorskite est limitée aux environnements profonds du secteur oriental de l'Océan Atlantique Central. La figure présente les valeurs moyennes. Des intervalles courts atteignent des valeurs de palygorskite plus élevées.

Géochimie des eaux profondes du Crétacé

Les isotopes de l'oxygène et les nanofossiles indiquent qu'au Crétacé moyen/supérieur les eaux profondes de l'Atlantique étaient chaudes et sursalées (WSBW) (Brass *et al.*, 1982; Hay, 1988; Woo *et al.*, 1992; Huber *et al.*, 2002). En raison de la diminution de la solubilité de l'oxygène quand la température et la salinité des eaux augmentent (Weiss, 1970), ces eaux ont probablement contribué au développement des épisodes anoxiques de cette période. De telles saumures ont également été envisagées pour expliquer la dolomitisation du substratum Jurassique, intervenue à la même époque au large du Portugal (Haggerty & Smith, 1988).

Les eaux profondes et sursalées de cette période avaient des caractéristiques géochimiques comparables à celles des environnements évaporitiques où la palygorskite et la dolomite se forment communément en milieux continentaux et margino-littoraux. Dans ces conditions particulières la palygorskite et la dolomite ont pu se développer dans les environnements océaniques profonds.

Si le magnésium est fourni par les saumures, le problème de l'origine de la silice reste posé. La productivité organique est apparemment une source de silice pour les sites occidentaux, où les radiolaires sont préservés et abondants (Brosse, 1982). Il est manifeste que le domaine oriental avait aussi une production organique importante comme l'atteste les niveaux de black shales (Graciansky *et al.*, 1987). La silice biogénique liée à cette productivité organique contribua probablement au développement de la palygorskite. Ainsi, les paragenèses à palygorskite-dolomite et à clinoptilote-opale-CT reflèteraient tous deux des environnements enrichis en silice. Le premier est enrichi en Mg, le second serait appauvri en Mg.

Paléocéanographie et paléogéographie

Cette salinité des eaux profondes provient de l'écoulement vers les fonds océaniques des saumures denses qui se formaient sur les plates-formes évaporitiques et les mers tropicales (Brass *et al.*, 1982; Busson, 1984; Roth, 1986; Woo *et al.*, 1992). Au Crétacé moyen, l'ouverture de l'Océan Atlantique Nord et ses connexions avec les mers arctiques et avec l'Atlantique Sud restent limitées. La paléogéographie régionale est dominée par une très vaste plateforme épicontinentale couvrant tout le nord du craton africain, du Maroc jusqu'en Libye. Les formations à dolomite et gypse de cette plateforme attestent d'environnements évaporitiques pendant le Crétacé moyen, mais ceux-ci n'ont pas conduit au dépôt de chlorures. Par conséquent, d'énormes quantités de saumures, d'une densité d'environ 1,2 et riches en Cl, Na, K et Mg, ont dû être engendrées sur cette plateforme et vraisemblablement exportées vers l'Océan Atlantique (Busson, 1984).

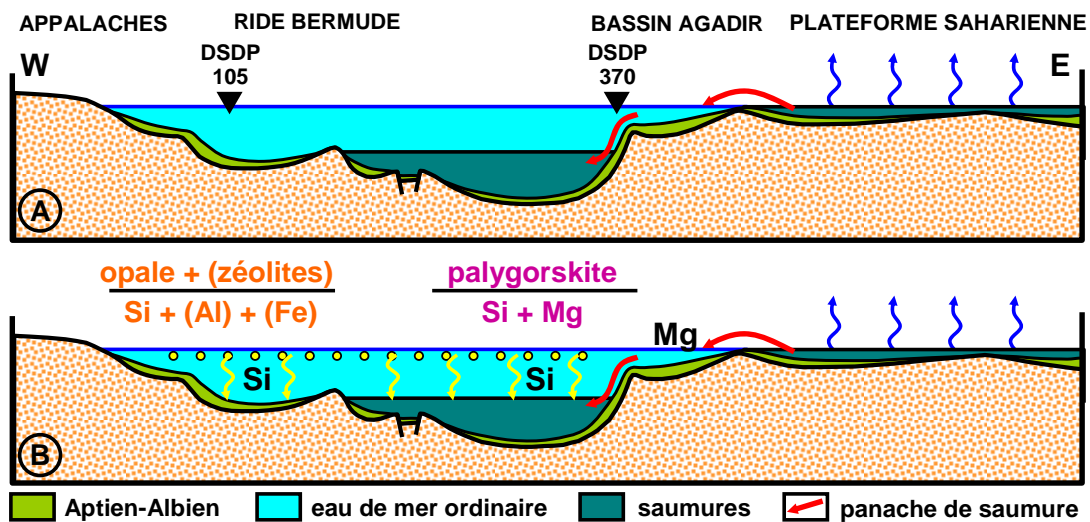


Figure 3 – Paléogéographie de l'Océan Atlantique au Crétacé moyen.

- (A) Les saumures s'écoulent de la plateforme évaporitiques saharienne vers l'Océan Atlantique et la ride des Bermudes forme une barrière à l'étalement des saumures.
- (B) La différenciation géochimique entre les secteurs ouest est due à la disponibilité de Mg.

La Ride des Bermudes formait une barrière naturelle limitant l'écoulement des saumures de la plateforme saharienne dans l'Océan Atlantique vers l'ouest (Fig. 3). Cette barrière coïncide avec l'extension géographique des facies anoxiques à black shales vers l'ouest (Graciansky *et al.*, 1982).

Cette disposition paléogéographique explique aussi les différences géochimiques et minéralogiques entre les dépôts crétacés des domaines occidentaux et orientaux. La production de silice biogénique se faisait dans les eaux de surface sur tout l'Océan Atlantique Central. A l'ouest, en l'absence de saumures enrichies en Mg, cette production de silice conduisit à la formation d'opale-CT et de clinoptilolite. A l'est, la silice se combine avec les saumures enrichies en Mg pour former la palygorskite. Dans le secteur oriental, la silice a été entièrement épuisée par la formation de palygorskite, l'excédent de Mg étant à l'origine de la dolomite.

Il apparaît ainsi qu'en milieu océanique profond la palygorskite constitue un proxy indiquant des eaux de fond salées, de type évaporitique, mais ne permet pas d'argumenter que ces eaux soient chaudes (Thiry & Pletsch, 2011).

Références

- Brass, G. W., Southam, J. R., Peterson, W. H. (1982): Warm saline bottom water in the ancient ocean. - *Nature*, 296, p. 620-623.
- Brosse, E. (1982): Contribution à la minéralogie et à la géochimie des sédiments pélagiques profonds. Comparaison des "Black-Shales" du Crétacé dans l'Atlantique central nord et des dépôts du Malm et du Crétacé en Briançonnais. Thèse Docteur-Ingénieur, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 474 p.
- Busson, G. (1984): Relation entre la sédimentation du Crétacé moyen et supérieur de la plate-forme du nord-ouest africain et les dépôts contemporains de l'Atlantique centre et nord, *Ecloga geol. Helv.*, 77, p. 221-235.
- Busson, G. (1984): La sédimentation épicontinentale des bassins salins accomplis et des bassins évaporitiques avortés: effet sur la sédimentation océanique contemporaine et contigüe dans le cas du Crétacé saharien et nord atlantique. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 299, (II), p. 213-216.
- Graciansky (de), P.C., Brosse, E., Deroo, G., Herbin, J.P., Montardet, L., Müller, C., Sigal, J., Schaaf, A. (1987): Organic-rich sediments and palaeoenvironmental reconstruction of the Cretaceous North Atlantic. *in* : J. Brooks & A.J. Fleet (eds), *Marine Petroleum Source Rocks*, *Geol. Soc. Special Publ.*, n°26, p. 317-344.
- Haggerty, J.A., Smith, M.P. (1988): Characterization of diagenetic fluids of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous carbonate platform of the Galicia margin at Ocean Drilling Program Site 369: evidence for dolomitization by hypersaline brines, *in* : G. Boillot, E.L. Winterer, et al., *Proc. Ocean Drilling Progr., Sci. Results*, 103, p. 145-153.
- Hay, W.W., (1988): Paleooceanography: A review for the GSA Centennial, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 100, p. 1934-1956.
- Huber, B.T., Norris, R.D, MacLeod, K.G. (2002): Deep-sea paleotemperature record of extreme warmth during the Cretaceous. *Geology*, 30/2, p. 123-126. doi: 10.1130/0091-7613(2002)030<0123:DSPROE>2.0.CO.
- Roth, P.H. (1986): Mesozoic palaeoceanography of the North Atlantic and Tethys Oceans, *in* : C.P. Summerhayes & N.J. Shackleton, (eds), *North Atlantic Palaeoceanography*, *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, 21, p. 299-320.
- Thiry, M., Jacquin, T. (1993): Clay mineral distribution related to rift activity, sea-level changes and oceanography in the Cretaceous of the Atlantic Ocean. *Clay Min.*, 28, p. 61-84.
- Thiry M., Pletsch T. (2011): Palygorskite Clays in Marine Sediments: Records of Extreme Climate, *in*: E. Galan & A. Singer, eds: *Developments in Clay Science*, 3, Elsevier, Amsterdam, pp. 101-124. doi: 10.1016/B978-0-444-53607-5.00005-0.
- Weiss, R.F. (1970): Solubility of nitrogen, oxygen and argon in water and seawater, *Deep Sea research*, 17, p. 721-735.
- Woo, K.S., Anderson, T.F., Railsback, L.B., Sandberg, P.A. (1992): Oxygen isotope evidence for high-salinity surface seawater in the mid-Cretaceous Gulf of Mexico: implications for warm, saline deepwater generation. *Paleoceanography*, 7, p. 673-685.